

BEST AVAILABLE COPY

(19) FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

[SEAL] GERMAN PATENT OFFICE

(12) OFFENLEGUNGSSCHRIFT [UNEXAMINED]

(10) DE 4,235,953 A1

(51) Int. Cl.⁵:

H 05 H 1/46

H 01 J 37/34

C 23 C 14/34

H 01 J 13/02

(21) Reference: P 42 35 953.8

(22) Date filed: 10/23/92

(43) Date laid open: 4/28/94

(71) Applicant:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.,
80636 Munich, Germany

(74) Agents:

Pfenning, J., Dipl. Eng., 10707 Berlin; Meinig, K., Dipl. Phys., 80336
Munich; Butenschön, A., Dipl. Eng. Dr. Eng., Patent Attorneys; Bergmann,
J., Dipl. Eng., Patent and Legal Attorneys, 10707 Berlin; Nöth, H., Dipl.
Phys., 80336 Munich; Hengelhaupt, J., Dipl. Eng., 01087 Dresden; Kraus,
H., Dipl. Phys., Patent Attorneys, 80336 Munich

(72) Inventor:

Jung, Thomas, Dr. rer. nat., 2087 Ellerbek, Germany

Examination is requested according to Section 44 of the Patent Law

(54) SPUTTERING SOURCE

(57) Sputtering source with a linear hollow cathode, an anode, a suitable current supply, an input device for the flow of inert gas and a substrate, whereby at least one linear hollow cathode (1) is provided, which consists of planar targets (2), which are arranged parallelly and are of the same or approximately the same size, so that openings on the substrate side and openings lying opposite are formed for introducing the inert gas and so that front walls (4) which are electrically insulated opposite targets (2) and anode (9) are provided at the openings on the front side (6).

The following data are taken from the documents filed by the applicant.

DESCRIPTION

The invention concerns a sputtering source with a hollow cathode for the reactive coating of substrates.

Sputtering sources for reactive coating are known.

Thus, K. Ishii, J. Vac. Sci. Technol. A7 (2), p. 256 (1989) describes a coating process, in which cathode material sputtered via a hollow cathode by means of an argon gas flow at a pressure of 0.25 to 1 Torr is deposited at a high rate onto a substrate arranged above the cathode opening.

In DD 294,511, a process and a device are also proposed for reactive gas flow sputtering. Here, material is also sputtered from the target representing the hollow cathode, and this material is deposited onto the substrate. The hollow cathode used for this purpose consists of several electrically insulated targets, which form a cylindrical hollow cathode, on the back end side of which is found an influx opening for inert gas or a gas influx opening for reactive gas.

It is, however, only possible to coat relatively small substrates with these hollow cathodes of the state of the art, since the surface to be coated is related to the opening on the substrate side of the hollow cathode.

Further, linear hollow cathodes are also known ([1] H. Koch, L.J. Freidrich, V. Hinkel, F. Ludwig, B. Politt, and T. Schurig, J. Vac. Sci. Technol, A9 (1191) 2374; [2] T. Jung, Patent Application of the FhG of 3/27/1992, entitled "Device for reactive hollow cathode sputtering", Reference P 42 10 125.5), which consist of several planar target parts or one or more curved target parts.

It is a disadvantage here that several individual targets and/or target parts in expensive form are necessary. Combination with an additional water cooling is a particular disadvantage in these hollow cathodes, which consist of several individual targets. This [device for] water cooling must be formed to correspond with the target material of various shapes and is correspondingly expensive. These hollow cathodes introduce the further disadvantage of undesired depositions in the target recesses. Insulating materials are thus often coated along with the targets and after a short time they participate in an uncontrolled way in discharge and coating.

It is also known in the case of the above-described hollow cathodes to enclose the hollow cathodes in a housing. The hollow cathode is thus open on the side of the operating gas influx opposite the vacuum space or closed by means of a wall or a hollow space. All other parts conducting target potential (e.g., structural parts of a target suspension and cooling device) are freely accessible to gases and discharge, or they are covered with metal parts with the use of insulating materials or only by insulating materials.

Due to this configuration, detectable parasitic working gas flows sweep past the hollow cathode externally. In the case when the side of the working gas influx is closed by means of a wall, frequent short circuits occur due to the coated insulating parts. In addition, a completely insulating covering of all other parts conducting target potential is expensive, but dispensing with them can lead

to layer contamination by sputtering erosion and, upon contact with reactive gas, undesired arc discharges can occur.

Common to all of the above-described sputtering sources is the fact that they are only suitable for coating large-surface substrates within certain limits. Previously, linear hollow cathodes in the form of the initially described configuration, i.e., of several individual differently shaped target materials have been used for large-surface coating. The surface to be coated therefore always corresponds to the surface loaded by the hollow cathode.

Another method is coating by means of a matrix. However, a matrix is very expensive, particularly if a cooling is necessary. For a true two-dimensional coating, a substrate motion is thus required.

Processes and devices are not known from the state of the art, which make possible a large-surface coating with simple sputtering sources.

The present invention is introduced here, whose task is to make available a simple and cost-favorable sputtering source, which makes it possible to coat particularly large-surface substrates.

The invention is resolved by the characterizing features of Claim 1. Advantageous further embodiments, with respect to the configuration of the sputtering source, result from the characterizing features of subclaims 2-10.

The solution of the invention is particularly characterized by the fact that the hollow cathode consists of two target halves, whereby the front sides are sealed by front walls, which are insulated with respect to the target halves. By

means of this solution of the invention, it is possible to use targets of a simple form. The targets may be planar and, e.g., rectangular. Thus, complicated target shapes, as have been known from the prior art, are unnecessary. It is favorable that the coating of the front walls has no influence on the discharge and the coating of the substrate. The front walls may also be made of inexpensive material, e.g., metal. This has the advantage that the front walls can be easily processed. The proposed hollow cathode of the invention is further characterized by the fact that the targets are uniformly eroded.

According to a preferred form of embodiment, it is proposed to insulate the front wall opposite the targets in such a way that a gap is left free between the front sides of the targets and the front wall. Preferably the gap has a width of 0.1 mm to 10 mm. Another embodiment of the invention provides for the fact that instead of insulating by means of inert gas, i.e., through the gap, this gap is filled partially or completely with an insulating material, such as ceramics and/or glass and/or mica. The linear hollow cathode proposed according to the invention introduces the further advantage that a target cooling [device] can be introduced very easily due to the simple planar construction.

The invention thus combines two essential advantages when compared with the state of the art. First, a very simple and inexpensive hollow cathode is formed by the proposed hollow cathode, which has the advantage that it assures a uniform erosion of the target. Secondly, the introduction of a target cooling [device] is extremely simple, due to the planar construction.

Another essential aspect of the proposed hollow cathode of the invention consists of the fact that because of the planar construction, it is possible to form not only a hollow cathode of two target halves (Claim 5), but that at least two to ten or even more hollow cathodes can be arranged in parallel, whereby neighboring hollow cathodes have one target in common. The front wall then commonly seals all the front-side hollow cathode openings. It is now achieved by this configuration of the invention that large surfaces corresponding to the number of parallel hollow cathodes can be uniformly coated and that, in addition, target material is spared, since neighboring hollow cathodes only have a common target. Advantageously, for the proposed parallel hollow cathodes, only one common target cooling will be necessary for neighboring targets. The proposed solution thus permits large-surface coatings in two dimensions at high rates and without moving the substrate. In addition, there are savings with respect to target material and cooling devices. The sputtering source thus also has a small space requirement. The construction further makes it possible to inexpensively screen the target cooling and fastening devices.

Another embodiment of the invention provides for the fact that the hollow cathode and the influx device for the flow of inert gas are enclosed in a housing. It is essential to the invention that the housing is designed in such a way that an opening is also present on the side of the opening of the cathode on the substrate side, which is large enough so that it either does not hinder or only slightly hinders the gas flow to the substrate. Another essential condition is the

fact that a sufficiently large flow resistance is present for the undesired gas path, i.e., outside the hollow cathode. This can be achieved by a small cross section and/or long and angled paths, so that only a negligibly small portion of the operating gas takes this path and material eroded from the other parts conducting target potential do not enter in undesired quantities in the working gas flow and travel with it to contaminate the substrate. The housing may thus be partially identical to the outer wall of the vacuum tank, in which coating occurs. The advantage is that the operating gas is fully utilized, since it must occupy almost completely the path through the hollow cathode. A harmful coating of insulating structural parts does not occur. Layer contaminations due to sputtering erosion of other structural parts may be avoided or prevented. The other structural parts conducting target potential do not come into contact with possible reactive gas.

According to another preferred configuration of the invention, it has also been proposed to introduce throttle sites on the opening of the housing on the substrate side. The throttle site represents a cross-sectional constriction for the gas flow and thus [there occurs] an increase in gas velocity and a reduction of reactive gas diffusion to the target. The cross section of the throttle site can thus have approximately the size of the cross section of the hollow cathode opening.

Another configuration of the invention provides that devices for feeding the reactive gas through a multiple nozzle system are provided (e.g., one or

more tubes with a sufficient number of small side openings, which are directed, e.g., onto the substrate), and these are arranged outside the hollow cathode between the hollow cathode and the substrate. Thus the flow of gas and target material to the substrate is not hindered, or is only hindered very slightly. The multiple nozzles must be distanced from the substrate and consist of enough individual nozzles to distribute the reactive gas sufficiently uniformly in the necessary concentration over the substrate surface. They must be further distanced from the hollow cathode opening, so that the reactive gas diffusing toward the operating gas flow cannot reach a concentration which causes significant chemical reaction in the process at any place on the active target surface.

Other characteristics, particulars and advantages of the invention will result from the following description of the drawings.

Here:

Fig. 1 shows a linear hollow cathode with two targets and front walls separated by a gap in

a) top section

b) lateral view;

Fig. 2 shows coupled linear hollow cathodes without target cooling with front walls separated by a gap in top view;

Fig. 3 also shows coupled linear hollow cathodes, but here with target cooling;

Fig. 4 shows coupled linear hollow cathodes in a cross-sectional representation with target cooling;

Fig. 5 shows a hollow cathode consisting of two target halves with housing in the cross-sectional representation;

Fig. 6 shows a linear hollow cathode according to Fig. 5 with the addition of throttle sites and reactive-gas nozzles;

Fig. 7 shows a hollow cathode with external multiple reactive gas nozzles and gas throttle in the cross-sectional representation.

Fig. 1 shows a linear hollow cathode 1 with two targets 2 and front walls 4 separated by gap 3. In Fig. 1, linear hollow cathode 1 is shown in an insulated manner. Fig. 1a (top view) shows a linear hollow cathode 1 consisting of two target halves 2 as well as a corresponding target cooling 5. The front wall 4 is separated by a gap 3 from front sides 6 of hollow cathode 1. The insulation in the example according to Fig. 1 is achieved here by inert gas. The gap preferably has a size of 0.1 mm to 10 mm. It can be seen from Fig. 1b (side view) that in the example according to Fig. 1, targets 2 and target cooling 5 have a rectangular planar form. In operation, the plasma burns between targets 2.

Fig. 2 now shows coupled linear hollow cathodes 1 without target cooling 5 in top view. According to the invention, adjacent hollow cathodes 1 have here only one target 2. In Fig. 2, the front wall 4 is again separated from front side 5 of linear hollow cathode 1 by a gap, in order to effect an isolation. According to

the invention, the isolation may be produced, however, also by insulating material.

Fig. 3 also shows coupled linear hollow cathodes 1 in top view, here now with target cooling 5. An essential advantage of the invention in the solution proposed here consists of the fact that two adjacent hollow cathodes 1 require only one target cooling 5. Therefore, not only is space saved, but hollow cathode 1 can be produced easily and inexpensively in terms of technical process.

Fig. 4 now shows coupled linear hollow cathodes according to Fig. 3, now in cross-sectional representation. Fig. 4 makes it very clear that a large-surface substrate coating is possible due to the coupled parallel arrangement of linear hollow cathodes according to the invention, since the plasma, which is conducted through the individual linear hollow cathodes, is combined in front of the substrate and thus makes possible a large-surface coating. For operation, inert gas flows from the influx device 8 through hollow cathode 1 and erodes target material, which is deposited onto substrate 7. In Fig. 4, one anode 9 is thus utilized. However, it is also possible to use individual anodes.

Fig. 5 now shows a form of embodiment of a linear hollow cathode 1 according to the invention, consisting of two target halves 2 and corresponding target cooling 5 with a housing 10. Due to the proposed configuration of housing 10 according to the invention, it is now achieved that the inert gas flow produced by influx device 8, here a gas nozzle, is conducted almost exclusively

through hollow cathode 1 itself, since the path to the left and right of hollow cathode 1 is very greatly hindered due to the narrow cross section.

Fig. 6 now shows a sputtering source according to Fig. 5, but here also with a throttling site 11 and reactive-gas nozzles 12. Reactive gas nozzles 12 are thus arranged between the substrate-side opening and substrate 7, here outside the housing. Throttle sites 11 effect a concentrating of the inert gas flow and thus a hindering of reactive-gas diffusion to the target.

Fig. 7 again shows a hollow cathode 1 with external multiple reactive-gas nozzles 12 and a gas throttle 11 again in cross-sectional representation. In this example of embodiment, a housing 10 is not provided, but only a gas throttle 11 and corresponding reactive-gas nozzles 12.

PATENT CLAIMS

1. Sputtering source with a linear hollow cathode, an anode, a suitable current supply, an influx device for the flow of inert gas and a substrate, is hereby characterized by the fact that at least one linear hollow cathode (1) is provided, which consists of planar, parallelly arranged targets (2) of equal or approximately equal size, so that openings on the substrate side and openings lying opposite these for introducing the inert gas are formed and so that front walls (4) are provided at the openings on front side (6), and these walls are electrically insulated with respect to targets (2) and anode (9).

2. Sputtering source according to Claim 1, further characterized in that electrical insulation is obtained by means of inert gas by separating front walls (4) by a gap (3) with a distance of 0.1 mm to 10 mm from front sides (6) of cathode (1).

3. Sputtering source according to Claim 1 or 2, further characterized in that gap (3) is filled completely or partially by an insulating material, such as ceramics and/or glass and/or mica.

4. Sputtering source according to Claims 1-3, further characterized in that the respect targets (2) are provided with a target cooling (5).

5. Sputtering source according to Claims 1-4, further characterized in that a hollow cathode (1) consisting of two targets (2) is provided.

6. Sputtering source according to Claims 1-4, further characterized in that two to ten parallelly arranged hollow cathodes (1) are provided, whereby adjacent hollow cathodes (1) each have a target (2) in common.

7. Sputtering source according to Claim 6, further characterized in that adjacent targets (2) are cooled by a common target cooling (5).

8. Sputtering source according to Claims 1-7, further characterized in that a housing (10) is provided, which encloses targets (2) and influx device (8) for the flow of inert gas, whereby housing (10) is designed such that the gas flow coming from input device (8) is almost exclusively guided through the opening lying opposite the substrate-side opening, and that housing (10) also has an

opening on the substrate-side opening, which corresponds approximately in its size to the substrate-side opening.

9. Sputtering source according to Claim 8, further characterized in that throttle sites (11) are provided on the substrate-side opening.

10. Sputtering source according to Claims 8-9, further characterized in that additional input devices (12) for reactive gas are provided outside housing (10) and underneath substrate (7).

11. Use of the sputtering source according to Claims 1-10 for producing thin layers, particularly for producing large-surface coatings.

7 pages of drawings attached hereto.

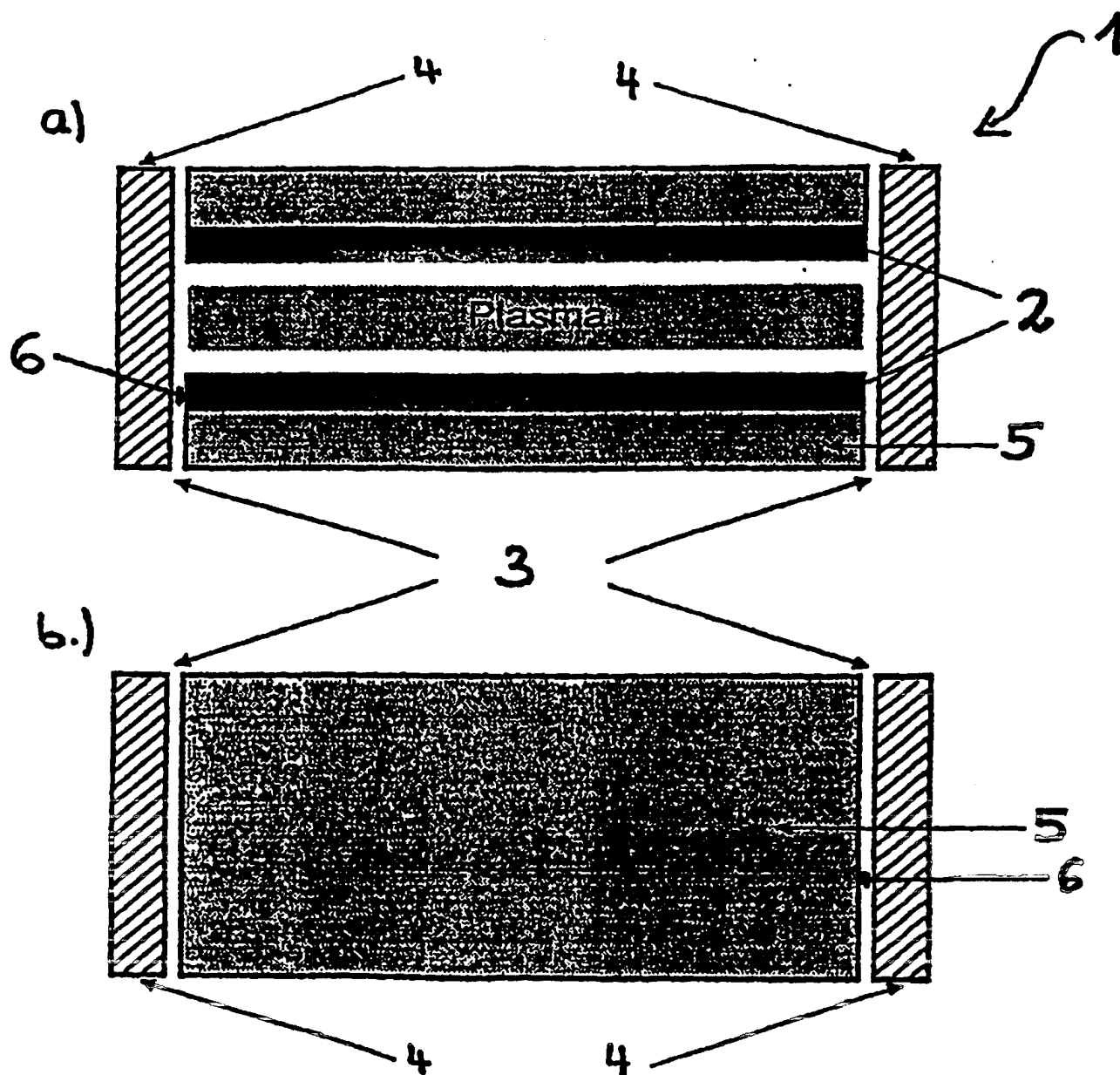
Drawings page 2

Number: DE 4,235,953 A1

Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46

Date laid open: April 28, 1994

Figure 1



Drawings page 3

Number: DE 4,235,953 A1

Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46

Date laid open: April 28, 1994

Figure 2

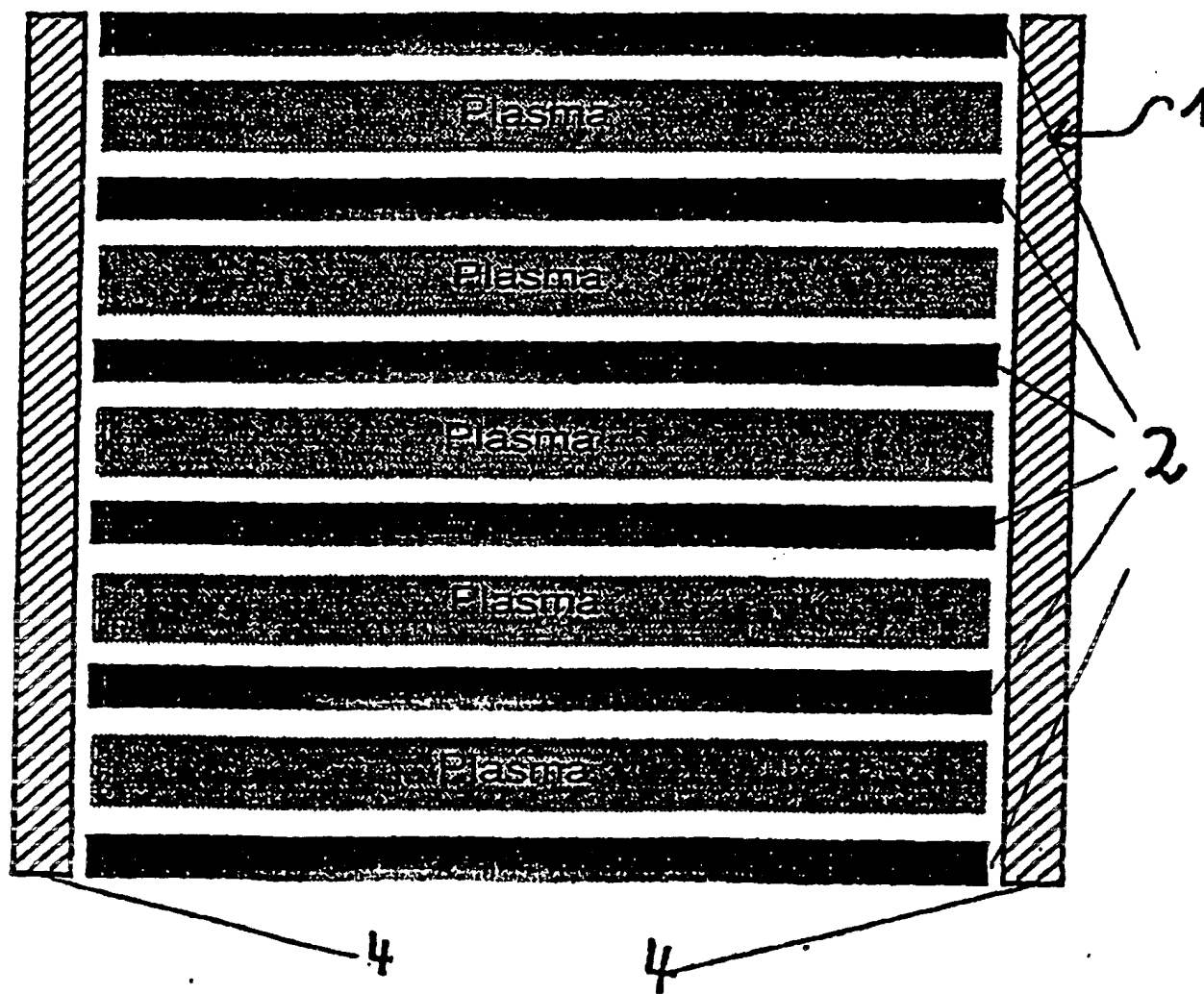
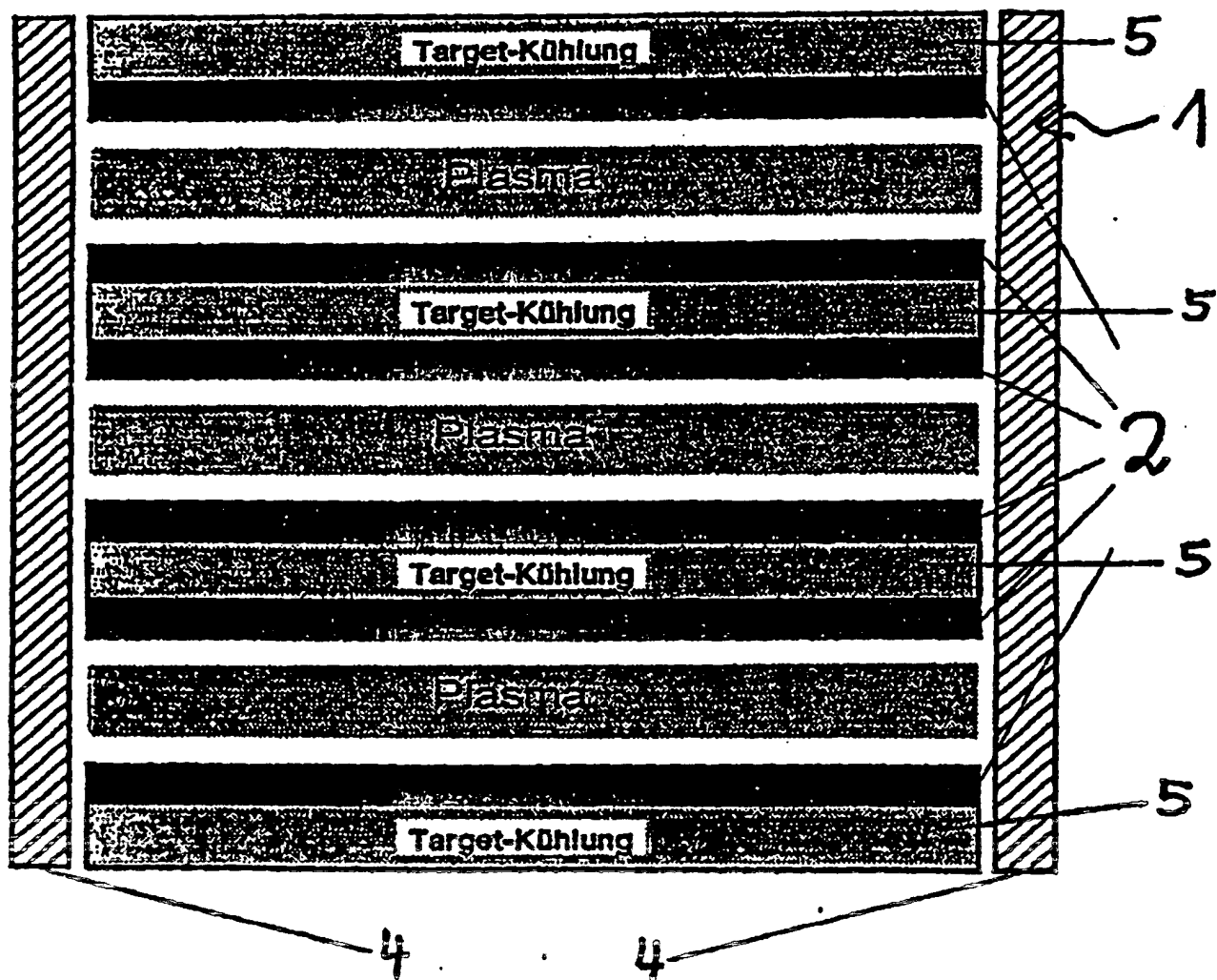


Figure 3



In figure: Target cooling

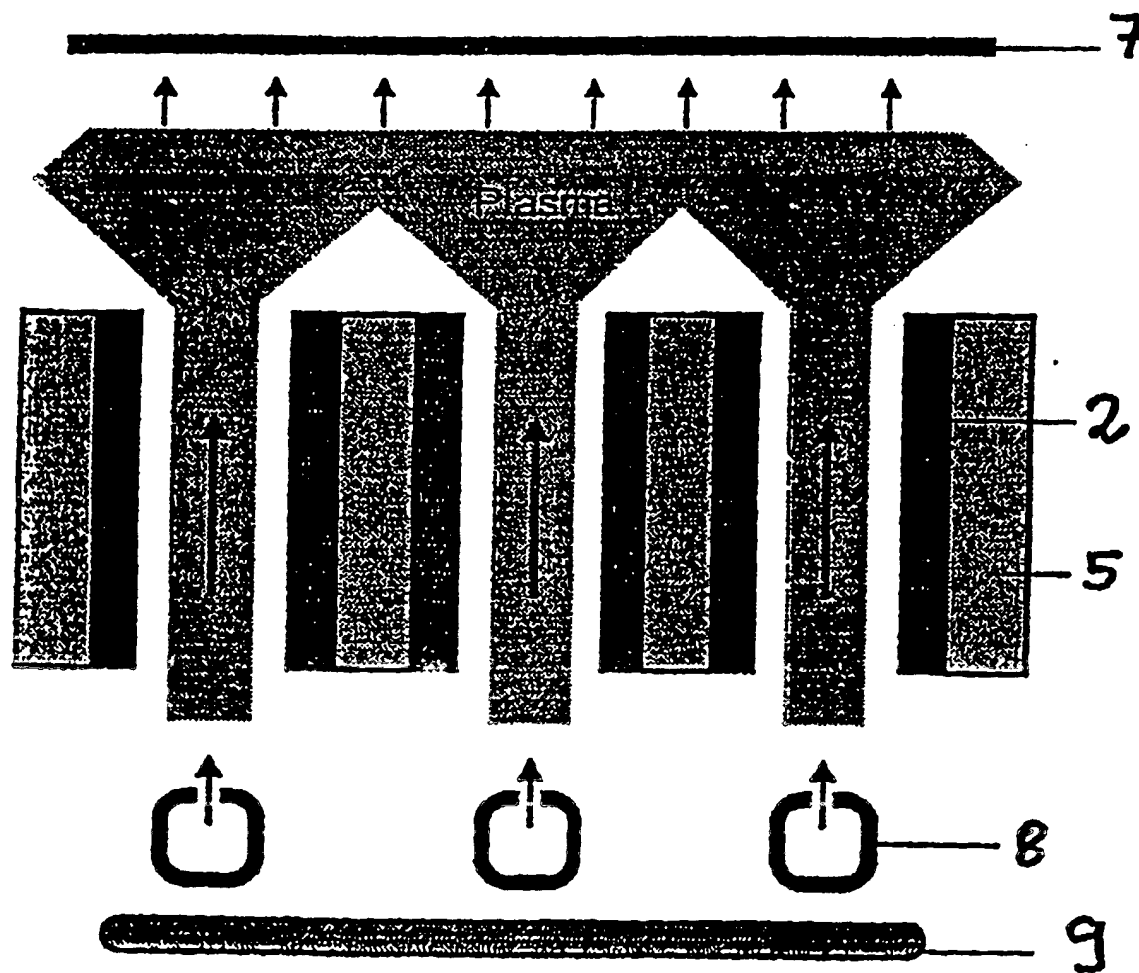
Drawings page 5

Number: DE 4,235,953 A1

Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46

Date laid open: April 28, 1994

Figure 4



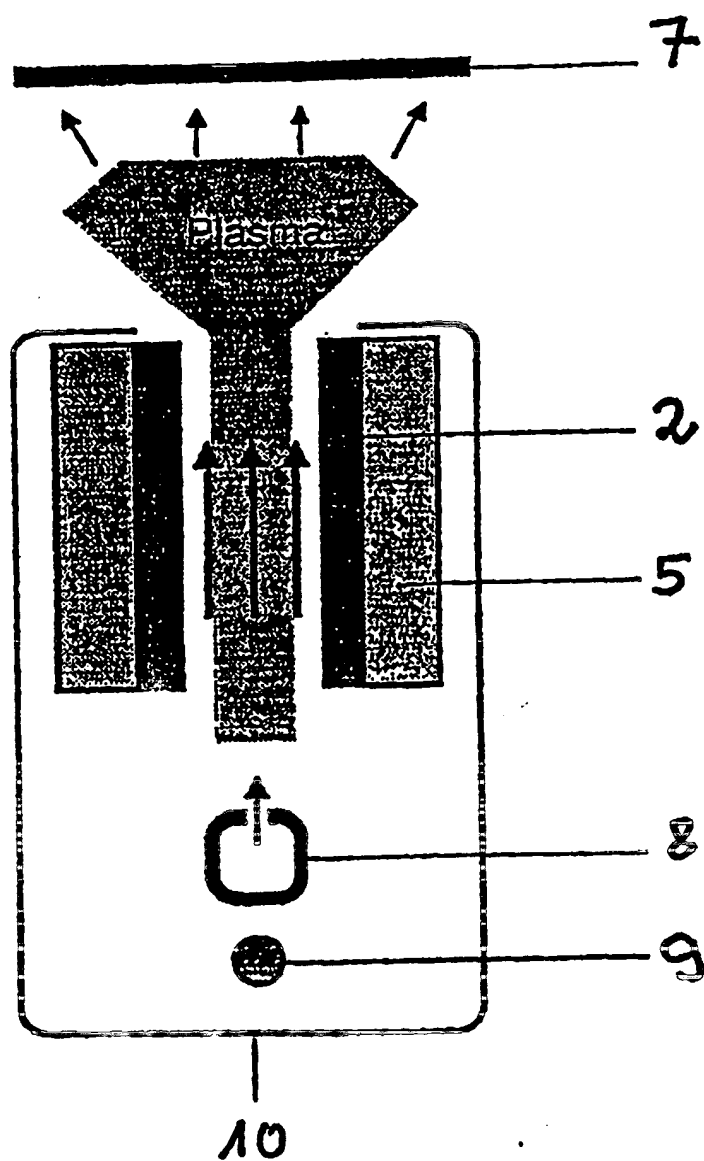
Drawings page 1

Number: DE 4,235,953 A1

Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46

Date laid open: April 28, 1994

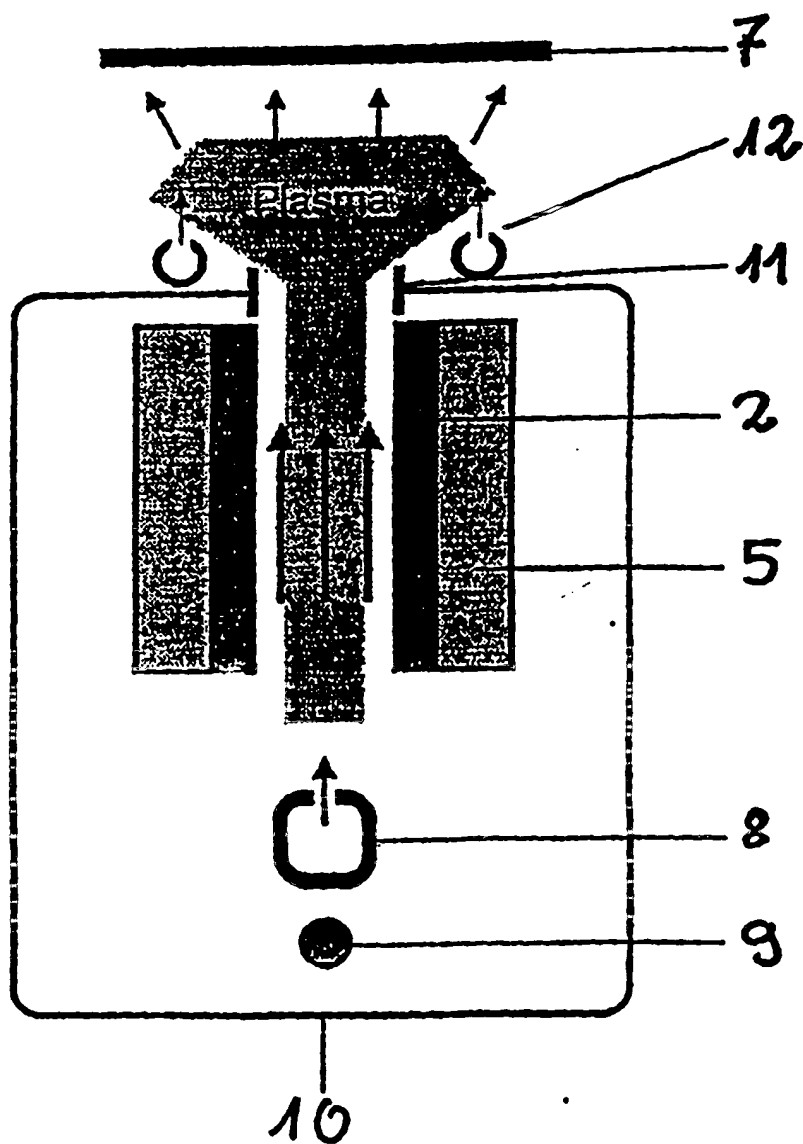
Figure 5



Drawings page 6

Number: DE 4,235,953 A1
Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46
Date laid open: April 28, 1994

Figure 6



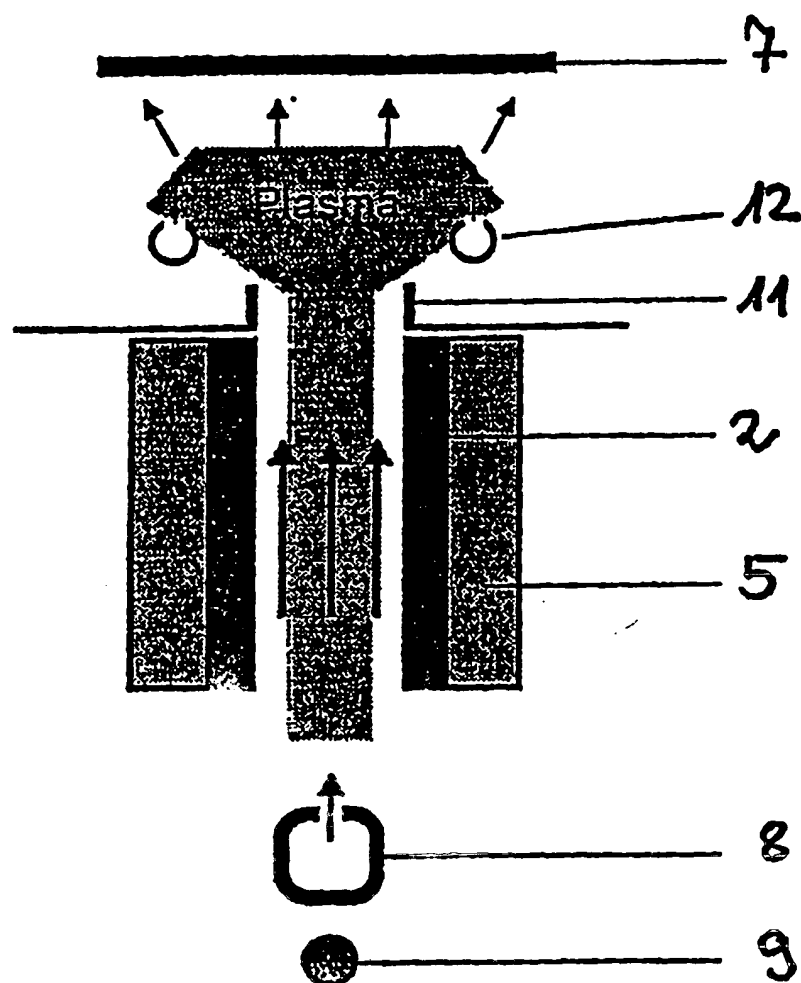
Drawings page 7

Number: DE 4,235,953 A1

Int. Cl.⁵: H 05 H 1/46

Date laid open: April 28, 1994

Figure 7



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 42 35 953 A 1

⑤ Int. Cl. 4:
H 05 H 1/46
H 01 J 37/34
C 23 C 14/34
H 01 J 13/02

⑲ Aktenzeichen: P 42 35 953.8
⑳ Anmeldetag: 23. 10. 92
㉑ Offenlegungstag: 28. 4. 94

DE 42 35 953 A 1

㉒ Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

㉓ Vertreter:

Pfenning, J., Dipl.-Ing., 10707 Berlin; Meinig, K.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Butenschön, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte; Bergmann, J.,
Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanwäl., 10707 Berlin; Nöth, H.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Hengelhaupt, J.,
Dipl.-Ing., 01097 Dresden; Kraus, H., Dipl.-Phys.,
Pat.-Anwälte, 80336 München

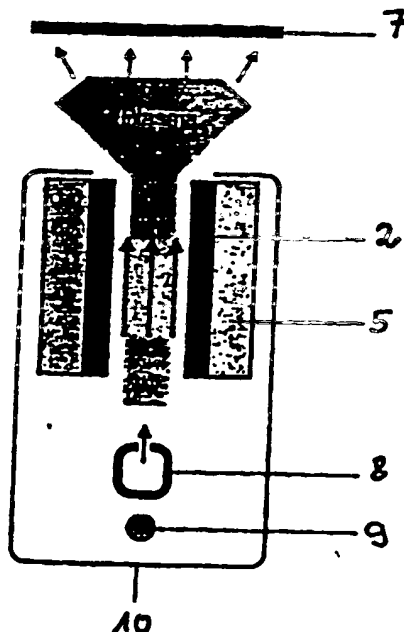
㉔ Erfinder:

Jung, Thomas, Dr.rer.nat., 2087 Ellerbek, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Sputterquelle

㉖ Sputterquelle mit einer linearen Hohlkathode, einer Anode, einer geeigneten Stromversorgung, einer Einströmvorrichtung für den Inertgasstrom und einem Substrat, wobei mindestens eine lineare Hohlkathode (1) vorgesehen ist, die aus planaren, parallel angeordneten gleich oder annähernd gleich großen Targets (2) besteht, so daß substratseitige Öffnungen und gegenüberliegende Öffnungen zum Einspeisen des Inertgases entstehen und daß an den Öffnungen der Stirnwände (6) vorgesehen sind, die gegenüber den Targets (2) und der Anode (9) elektrisch isoliert sind.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft eine Sputterquelle mit einer Hohlkathode zum reaktiven Beschichten von Substraten.

Sputterquellen zum reaktiven Beschichten sind bekannt.

So beschreibt K. Ishii, J. Vac. Sci. Technol. A7 (2), S. 256 (1989) ein Beschichtungsverfahren, bei dem mittels Argongasstrom bei einem Druck von 0,25 bis 1 Torr durch eine Hohlkathode abgestäubtes Kathodenmaterial mit einer hohen Rate auf einem über der Kathodenöffnung angeordneten Substrat abgeschieden wird.

In der DD 2 94 511 wird ebenfalls ein Verfahren und eine Vorrichtung zum reaktiven Gasflußsputtern vorgeschlagen. Dabei wird ebenfalls von dem die Hohlkathode darstellenden Targets Material abgestäubt, das auf dem Substrat abgelagert wird. Die dazu verwendete Hohlkathode besteht aus mehreren gegeneinander elektrisch isolierten Targets, die eine zylindrische Hohlkathode bilden, an deren rückseitigem Ende eine Einstromöffnung für Inertgas oder einer Gaseinstromöffnung für reaktives Gas vorhanden ist.

Mit diesen Hohlkathoden des Standes der Technik ist es aber nur möglich, relativ kleine Substrate zu beschichten, da die zu beschichtende Oberfläche von der substratseitigen Öffnung der Hohlkathode abhängt.

Weiterhin sind auch lineare Hohlkathoden bekannt ([1] H. Koch, L.J. Friedrich, V. Hinkel, F. Ludwig, B. Politt, and T. Schurig, J. Vac. Sci. Technol., A9 (1191) 2374; [2] T. Jung, Patentanmeldung der FhG vom 27.03.1992, Titel "Vorrichtung zum reaktiven Hohlkathodensputtern", Aktenzeichen P 42 10 125.5) die aus mehreren planaren Targetteilen oder einem oder mehreren gekrümmten Targetteilen bestehen.

Nachteilig ist hier, daß mehrere Einzeltargets und/oder Targetteile in aufwendiger Form erforderlich sind. Besonders nachteilig bei diesen Hohlkathoden, die aus mehreren Einzeltargets bestehen, ist die Kombination mit einer zusätzlichen Wasserkühlung. Diese Wasserkühlung muß dann entsprechend dem unterschiedlich geformten Targetmaterial ausgebildet sein und ist dementsprechend aufwendig. Diese Hohlkathoden bringen den weiteren Nachteil unerwünschter Ablagerungen in Targetnischen mit sich. Isolierstoffe werden dabei oft mitbeschichtet und nehmen dann nach einiger Zeit in unkontrollierter Weise an Entladung und Beschichtung teil.

Es ist auch bekannt bei den vorstehend beschriebenen Hohlkathoden die Hohlkathode durch ein Gehäuse zu umschließen. Die Hohlkathode ist dabei auf der Seite der Arbeitsgaseinstromung offen gegenüber dem Vakuumraum oder mittels einer Wand oder eines Hohlraumes verschlossen. Alle sonstigen Targetpotential führenden Teile (z. B. Bauteile der Targetaufhängung und Kühlung) sind für Gase und Entladung frei zugänglich oder mit Metallteilen unter Verwendung von Isolierstoffen oder nur durch Isolierstoffe abgedeckt.

Durch diese Ausgestaltung kommt es zu spürbaren parasitären Arbeitsgasströmen an der Hohlkathode außen vorbei. In dem Fall, wenn die Seite der Arbeitsgaseinstromung mittels einer Wand verschlossen ist, kommt es zu häufigen Kurzschlüssen durch beschichtende Isolierkörper. Außerdem ist eine vollständig isolierende Abdeckung aller sonstigen Targetpotential führenden Teile aufwendig, ein Verzicht darauf kann jedoch zu Schichtverunreinigung durch Sputterabtrag und bei Kontakt mit Reaktivgas auch zu unerwünschten

Bogenentladungen führen.

Allen vorstehend beschriebenen Sputterquellen ist gemein, daß sie nur bedingt dazu geeignet sind, um großflächige Substrate zu beschichten. Für die großflächige Beschichtung wurden bisher lineare Hohlkathoden in Form der eingangs beschriebenen Ausgestaltung, d. h. aus mehreren einzelnen unterschiedlich geformten Targetmaterialien verwendet. Die zu beschichtende Fläche entspricht dabei aber immer der durch die Hohlkathode aufgespannten Fläche.

Eine weitere Methode ist die Beschichtung mittels Matrix. Eine Matrix ist jedoch sehr aufwendig, besonders wenn eine Kühlung notwendig ist. Für eine echte zweidimensionale Beschichtung ist deshalb eine Substratbewegung erforderlich.

Somit sind aus dem Stand der Technik keine Verfahren und Vorrichtungen bekannt, die eine großflächige Beschichtung mit einfachen Sputterquellen ermöglichen.

Hier setzt die vorliegende Erfindung ein, deren Aufgabe es ist, eine einfache und kostengünstige Sputterquelle zur Verfügung zu stellen, die es ermöglicht, insbesondere großflächige Substrate zu beschichten.

Die Erfindung wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen, bezüglich der Ausgestaltung der Sputterquelle, ergeben sich aus den kennzeichnenden Merkmalen der Unteransprüche 2 bis 10.

Die erfindungsgemäße Lösung zeichnet sich besonders dadurch aus, daß die Hohlkathode aus zwei Targethälften besteht, wobei die Stirnseiten durch Stirnwände, die gegenüber den Targethälften isoliert sind, verschlossen sind. Durch diese erfindungsgemäße Lösung ist es möglich, Targets in einfacher Form zu verwenden. Die Targets können planar sein und z. B. rechteckig. Somit sind keine komplizierten Targetformen, wie bisher aus dem Stand der Technik bekannt, notwendig. Günstig hierbei ist, daß die Beschichtung der Stirnwände keinen Einfluß auf die Entladung und die Beschichtung des Substrates hat. Die Stirnwände können zudem aus einem billigen Werkstoff, z. B. Metall sein. Dies hat den Vorteil, daß sich die Stirnwände leicht bearbeiten lassen. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Hohlkathode zeichnet sich weiterhin noch dadurch aus, daß die Targets gleichmäßig abgetragen werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird vorgeschlagen, die Isolierung der Stirnwand gegenüber den Targets dadurch zu erreichen, daß ein Spalt zwischen den Stirnseiten der Targets und der Stirnwand freigelassen wird. Bevorzugt hat der Spalt eine Breite von 0,1 mm bis 10 mm. Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß statt der Isolierung durch Inertgas, d. h. durch den Spalt, dieser Spalt mit einem Isoliermaterial wie Keramik und/oder Glas und/oder Glimmer teilweise oder vollständig ausgefüllt wird. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene lineare Hohlkathode bringt noch den weiteren Vorteil mit sich, daß, bedingt durch die einfache planare Konstruktion, sehr leicht eine Targetkühlung angebracht werden kann.

Die Erfindung vereinigt somit zwei wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Erstens entsteht durch die vorgeschlagene Hohlkathode eine sehr einfache und billige Hohlkathode, die den Vorteil hat, daß sie einen gleichmäßigen Abtrag der Targets gewährleistet. Zweitens ist durch die planare Konstruktion das Anbringen einer Targetkühlung äußerst einfach.

Ein weiterer erfindungswesentlicher Aspekt der vorgeschlagenen Hohlkathode besteht noch darin, daß

durch die planare Konstruktion es möglich ist, nicht nur eine Hohlkathode aus zwei Targethälften (Anspruch 5) zu bilden, sondern daß mindestens zwei bis zehn oder auch noch mehr Hohlkathoden parallel angeordnet werden können, wobei jeweils benachbarte Hohlkathoden ein Target gemeinsam haben. Die Stirnwand verschließt dann alle stirnseitige Hohlkathodenöffnungen gemeinsam. Durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung wird nun erreicht, daß entsprechend der Anzahl der parallelen Hohlkathoden große Flächen gleichmäßig beschichtet werden können und daß zusätzlich auch noch Targetmaterial gespart wird, weil benachbarte Hohlkathoden jeweils nur ein Target gemeinsam haben. Vorteilhaft ist bei den vorgeschlagenen parallelen Hohlkathoden, daß jeweils auch nur eine gemeinsame Targetkühlung für benachbarte Targets notwendig ist. Die vorgeschlagene Lösung erlaubt somit großflächige Beschichtungen in zwei Dimensionen mit hohen Raten und ohne Substratbewegung. Zusätzlich wird Targetmaterial bzw. Kühlvorrichtungen eingespart. Die Sputterquelle besitzt zudem dann einen geringen Platzbedarf. Die Konstruktion bringt weiterhin mit sich, daß ein geringer Aufwand bei der Abschirmung der Targetkühl- und Befestigungsvorrichtungen notwendig ist.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß die Hohlkathode und die Einstromvorrichtung für den Inertgasstrom durch ein Gehäuse umschlossen ist. Erfindungswesentlich ist dabei, daß das Gehäuse so ausgelegt ist, daß auf der Seite der substratseitigen Hohlkathodenöffnung ebenfalls eine Öffnung vorhanden ist, die so groß ist, daß sie den Gasstrom zum Substrat nicht oder nur wenig behindert. Eine weitere wesentliche Bedingung ist, daß für den unerwünschten Gasweg, d. h. außen um die Hohlkathode herum, ein hinreichend großer Strömungswiderstand besteht. Dies kann erreicht werden durch einen geringen Querschnitt und/oder lange und verwinkelte Wege, so daß nur ein vernachlässigbarer kleiner Teil des Arbeitsgases diesen Weg nimmt und von den anderen Targetpotential führenden Teilen abgetragenes Material auf keinem Weg in unerwünschten Mengen in den Arbeitsgasstrom und mit ihm als Verunreinigung zum Substrat gelangen kann. Das Gehäuse kann dabei teilweise identisch sein mit der äußeren Wand des Vakuumbehälters, in dem die Beschichtung stattfindet. Der Vorteil dabei ist, das Arbeitsgas wird voll genutzt, da es nahezu vollständig den Weg durch die Hohlkathode nehmen muß. Eine schädliche Beschichtung von Isolierbauteilen tritt nicht ein. Schichtverunreinigungen durch Sputterabtrag anderer Bauteile können vermieden oder verhindert werden. Die sonstigen Targetpotential führenden Bauteile kommen nicht mit eventuellem Reaktivgas in Kontakt.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird noch vorgeschlagen, an der substratseitigen Öffnung des Gehäuses Drosselstellen anzubringen. Die Drosselstelle stellt für den Gasstrom eine Querschnittsverringerung dar, und damit eine Geschwindigkeitsteigerung und somit eine Verringerung der Reaktivgasdiffusion zum Target. Der Querschnitt der Drosselstelle kann dabei in etwa die Größe des Querschnitts der Hohlkathodenöffnung besitzen.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung sieht vor, daß Vorrichtungen für die Einspeisung von Reaktivgas durch ein Mehrfachdüsen-System (z. B. ein oder mehrere Rohre mit hinreichend vielen kleinen seitlichen Öffnungen, die z. B. auf das Substrat gerichtet sind), welches außerhalb der Hohlkathode zwischen Hohlkathode und Substrat angeordnet ist, vorgesehen ist. Somit

behindert es den Gas- und Targetmaterialstrom zum Substrat nicht oder nur sehr wenig. Die Mehrfachdüsen müssen außerdem vom Substrat soweit entfernt sein und aus so vielen Einzeldüsen bestehen, daß sie das Reaktivgas hinreichend gleichmäßig in der erforderlichen Konzentration über der Substratoberfläche verteilen können. Sie müssen weiter von der Hohlkathodenöffnung soweit entfernt ist, daß das gegen den Arbeitsgasstrom diffundierende Reaktivgas an keiner Stelle der aktiven Targetoberfläche eine Konzentration erreichen kann, die eine für das Verfahren bedeutende chemische Umwandlung bewirkt.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Zeichnungen.

Hierbei zeigen

Fig. 1 eine lineare Hohlkathode mit zwei Targets und durch Spalt getrennte Stirnwände in

a) der Draufsicht

b) Seitenansicht;

Fig. 2 zeigt gekoppelte lineare Hohlkathoden ohne Targetkühlung mit durch Spalt getrennten Stirnwänden in der Draufsicht;

Fig. 3 zeigt ebenfalls gekoppelte lineare Hohlkathoden, hier aber mit einer Targetkühlung;

Fig. 4 zeigt gekoppelte lineare Hohlkathoden in einer Querschnittsdarstellung mit Targetkühlung;

Fig. 5 zeigt eine Hohlkathode bestehend aus zwei Targethälften mit Gehäuse in der Querschnittsdarstellung;

Fig. 6 zeigt eine lineare Hohlkathode nach Fig. 5 mit zusätzlichen Drosselklappen und Reaktivgasdüsen;

Fig. 7 zeigt eine Hohlkathode mit externer Mehrfachreaktivgasdüse und Gasdrossel in der Querschnittsdarstellung.

Fig. 1 zeigt eine lineare Hohlkathode 1 mit zwei Targets 2 und durch Spalt 3 getrennte Stirnwände 4. In Fig. 1 ist die lineare Hohlkathode 1 isoliert dargestellt. Fig. 1a (Draufsicht) zeigt dabei eine lineare Hohlkathode 1 bestehend aus zwei Targethälften 2 sowie einer entsprechenden Targetkühlung 5. Die Stirnwand 4 ist dabei durch einen Spalt 3 von den Stirnseiten 6 der Hohlkathode 1 getrennt. Die Isolierung im Beispielsfall nach Fig. 1 wird demnach hier durch Inertgas erreicht. Der Spalt besitzt dabei bevorzugt eine Größe von 0,1 mm bis 10 mm. Aus Fig. 1b (Seitenansicht) ist zu sehen, daß im Beispielsfall nach Fig. 1 die Targets 2 und die Targetkühlung 5 eine rechteckige planare Form besitzen. Das Plasma brennt im Betrieb zwischen den Targets 2.

Fig. 2 zeigt nun gekoppelte lineare Hohlkathoden 1 ohne Targetkühlung 5 in der Draufsicht. Erfindungsgemäß haben hier jeweils benachbarte Hohlkathoden 1 nur ein Target 2. In Fig. 2 ist die Stirnwand 4 wiederum durch einen Spalt von der Stirnseite 5 der linearen Hohlkathoden 1 getrennt, um eine Isolierung zu bewerkstelligen. Erfindungsgemäß kann die Isolierung aber auch durch Isoliermaterial hergestellt werden.

Fig. 3 zeigt ebenfalls wiederum gekoppelte lineare Hohlkathoden 1 in der Draufsicht, nun hier nur mit einer Targetkühlung 5. Ein erfindungswesentlicher Vorteil bei der hier vorgeschlagenen Lösung besteht darin, daß jeweils zwei benachbarte Hohlkathoden 1 nur eine Targetkühlung 5 benötigen. Dadurch wird nicht nur Platz gespart, sondern die Hohlkathode 1 ist billig und verfahrenstechnisch einfach herzustellen.

Fig. 4 zeigt nun gekoppelte lineare Hohlkathoden nach Fig. 3, nun in der Querschnittsdarstellung. Fig. 4

macht sehr schön deutlich, daß durch die erfindungsgemäße gekoppelte parallele Anordnung der linearen Hohlkathoden eine großflächige Substratbeschichtung möglich ist, da sich das Plasma, das durch die einzelnen linearen Hohlkathoden geführt wird, vor dem Substrat vereinigt und so eine großflächige Beschichtung ermöglicht. Zum Betrieb strömt dabei aus den Einstromvorrichtungen 8 Inertgas durch die Hohlkathoden 1 und trägt Targetmaterial ab, das auf dem Substrat 7 niedergeschlagen wird. In Fig. 4 ist dabei eine Anode 9 eingesetzt. Es ist aber auch möglich, einzelne Anoden zu verwenden.

Fig. 5 zeigt nun eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen linearen Hohlkathode 1 bestehend aus zwei Targethälften 2 und entsprechenden Targetkühlungen 5 mit einem Gehäuse 10. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Ausgestaltung des Gehäuses 10 wird nun erreicht, daß der durch die Einstromvorrichtungen 8, hier eine Gasdüse, erzeugte Inertgasstrom fast ausschließlich durch die Hohlkathode 1 selbst geführt wird, da der Weg links und rechts an der Hohlkathode 1 vorbei durch den engen Querschnitt stark behindert ist.

Fig. 6 zeigt nun ein Sputterquelle nach Fig. 5, jedoch hier mit zusätzlich einer Drosselstelle 11 und Reaktivgasdüsen 12. Die Reaktivgasdüsen 12 sind dabei zwischen der substratseitigen Öffnung und dem Substrat 7 hier außerhalb des Gehäuses 10 angeordnet. Die Drosselstellen 11 bewirken eine Konzentrierung des Inertgasstromes und damit eine Verringerung der Reaktivgasdiffusion zum Target.

Fig. 7 zeigt nun wiederum eine Hohlkathode 1 mit externen Mehrfachreaktivgasdüsen 12 und eine Gasdrossel 11 wiederum in der Querschnittsdarstellung. In diesem Ausführungsbeispiel ist kein Gehäuse 10 vorgesehen, sondern lediglich eine Gasdrossel 11 und entsprechende Reaktivgasdüsen 12.

Patentansprüche

1. Sputterquelle mit einer linearen Hohlkathode, einer Anode, einer geeigneten Stromversorgung, einer Einstromvorrichtung für den Inertgasstrom und einem Substrat, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine lineare Hohlkathode (1) vorgesehen ist, die aus planaren, parallel angeordneten gleich oder annähernd gleich großen Targets (2) besteht, so daß substratseitige Öffnungen und gegenüberliegende Öffnungen zum Einspeisen des Inertgases entstehen und daß an den Öffnungen der Stirnseiten (6) Stirnwände (4) vorgesehen sind, die gegenüber den Targets (2) und der Anode (9) elektrisch isoliert sind.
2. Sputterquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Isolierung durch Inertgas erreicht wird, indem die Stirnwände (4) durch einen Spalt (3) mit einem Abstand von 0,1 mm bis 10 mm von den Stirnseiten (6) der Kathode (1) getrennt sind.
3. Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Spalt (3) durch ein Isoliermaterial wie Keramik und/oder Glas und/oder Glimmer teilweise oder vollständig ausgefüllt ist.
4. Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Targets (2) mit einer Targetkühlung (5) versehen sind.
5. Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Hohlkathode (1), bestehend aus zwei Targets (2), vorgesehen ist.

6. Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei bis zehn parallel angeordnete Hohlkathoden (1) vorgesehen sind, wobei benachbarte Hohlkathoden (1) jeweils ein Target (2) gemeinsam haben.

7. Sputterquelle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils benachbarte Targets (2) durch eine gemeinsame Targetkühlung (5) gekühlt werden.

8. Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gehäuse (10) vorgesehen ist, das die Targets (2) und die Einstromvorrichtung (8) für den Inertgasstrom umschließt, wobei das Gehäuse (10) so ausgelegt ist, daß der aus der Einstromvorrichtung (8) austretende Gasstrom fast ausschließlich durch die der substratseitigen Öffnung gegenüberliegende Öffnung geführt wird, und daß das Gehäuse (10) an der substratseitigen Öffnung ebenfalls eine Öffnung aufweist, die in etwa der Größe der substratseitigen Öffnung selbst entspricht.

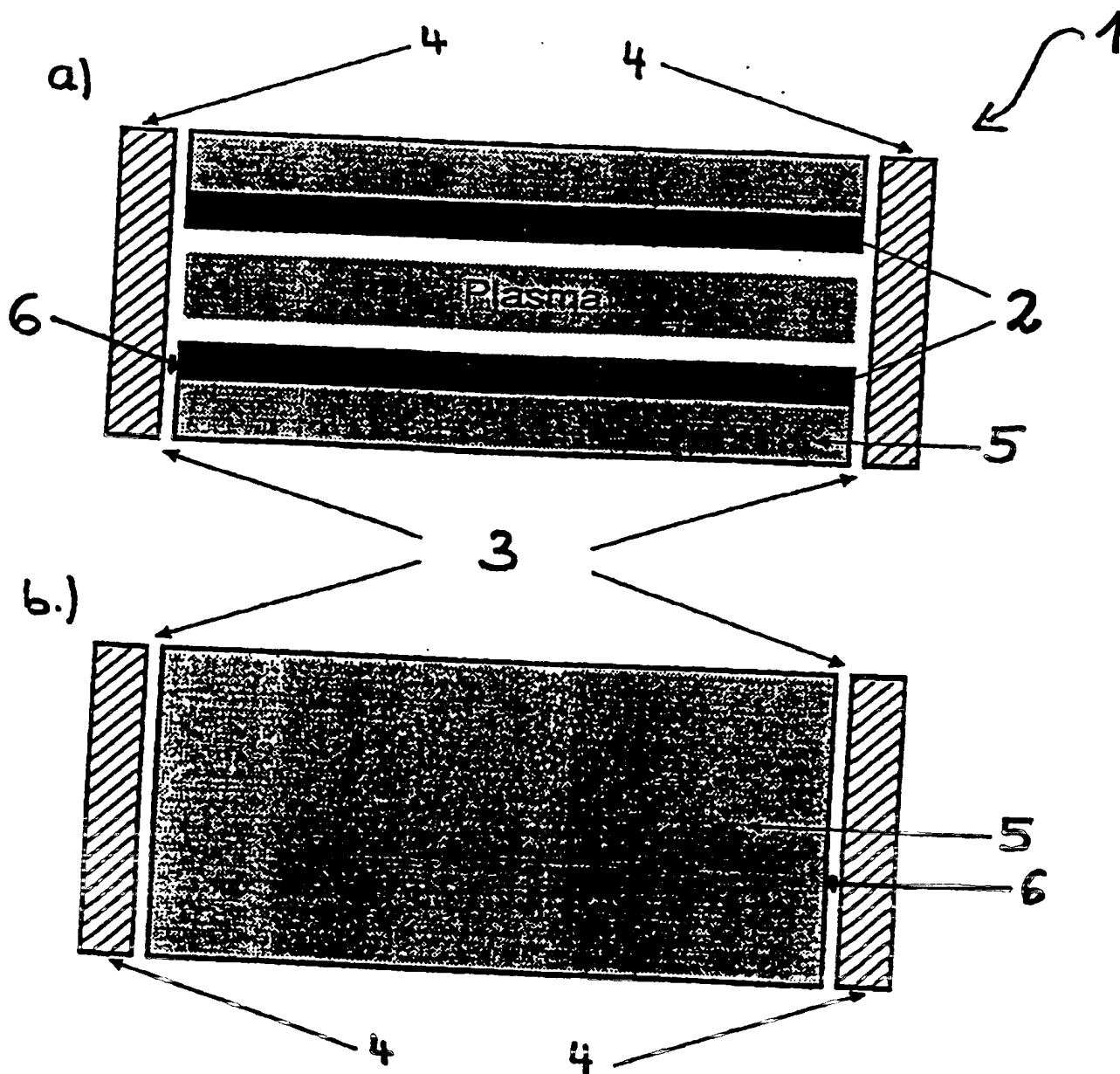
9. Sputterquelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß an der substratseitigen Öffnung Drosselstellen (11) vorgesehen sind.

10. Sputterquelle nach Anspruch 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Gehäuses (10) und unterhalb des Substrates (7) zusätzlich Einstromvorrichtungen (12) für Reaktivgas vorgesehen sind.

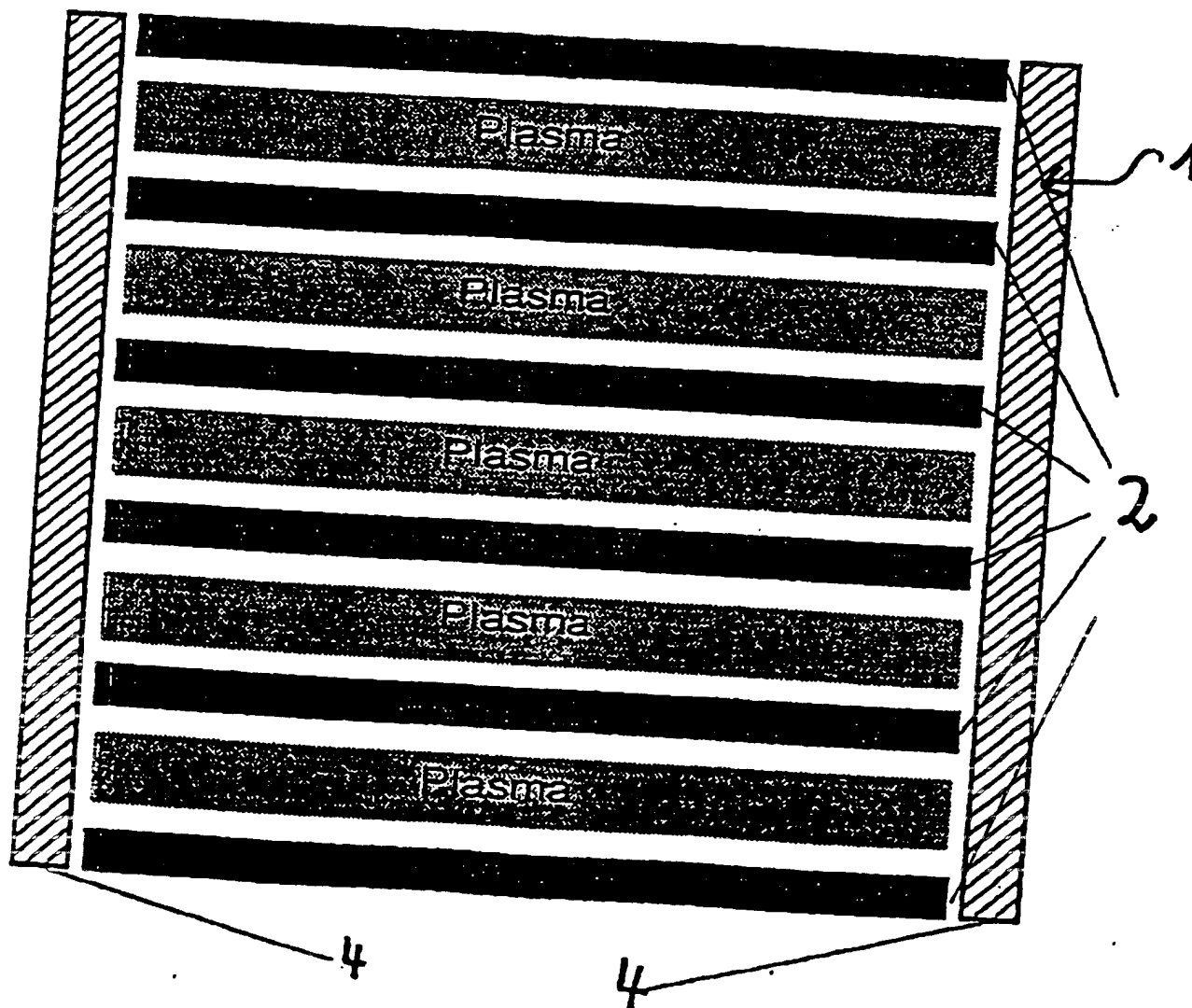
11. Verwendung der Sputterquelle nach Anspruch 1 bis 10 zum Herstellen von dünnen Schichten insbesondere zur Herstellung von großflächigen Beschichtungen.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

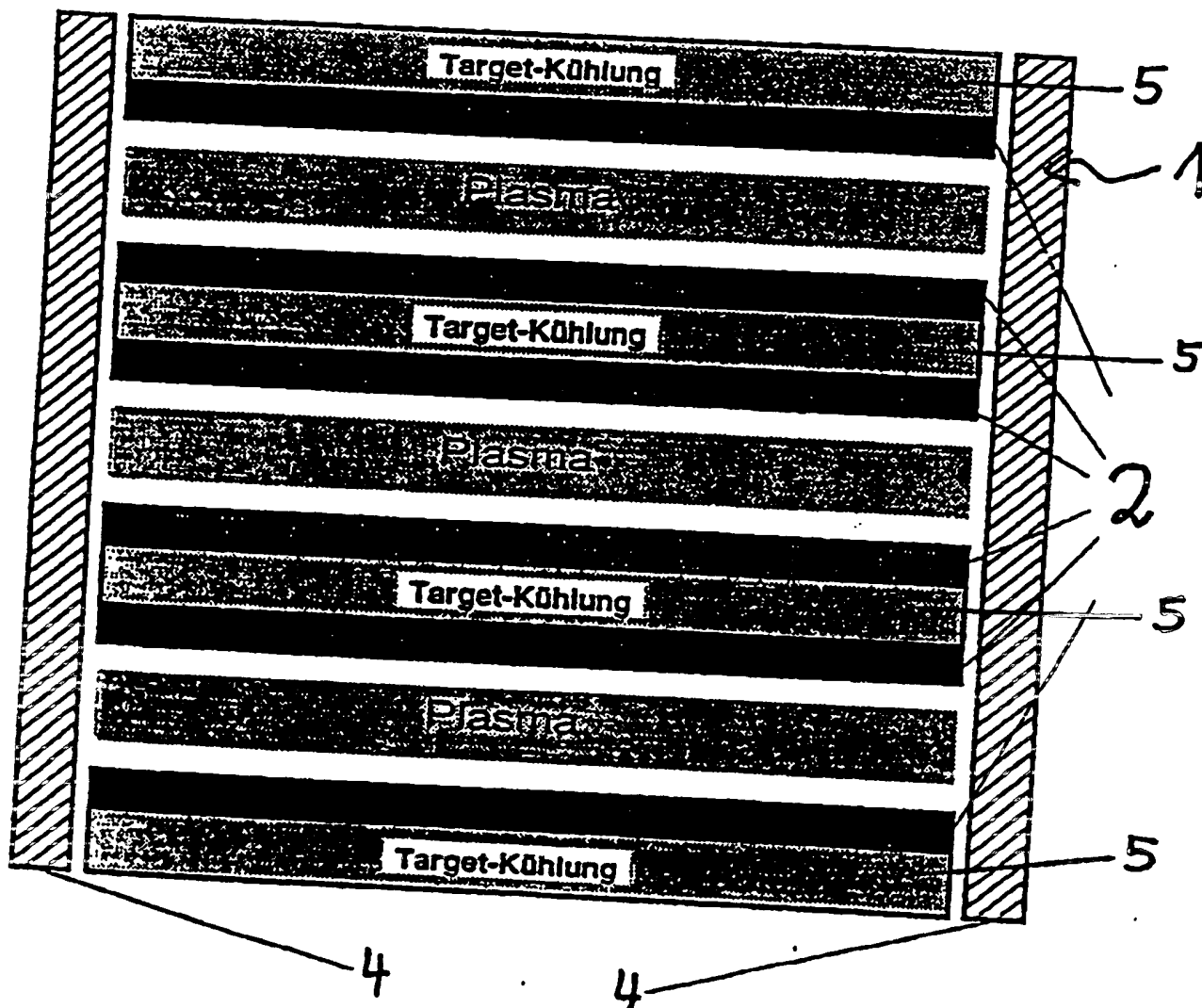
Figur 1



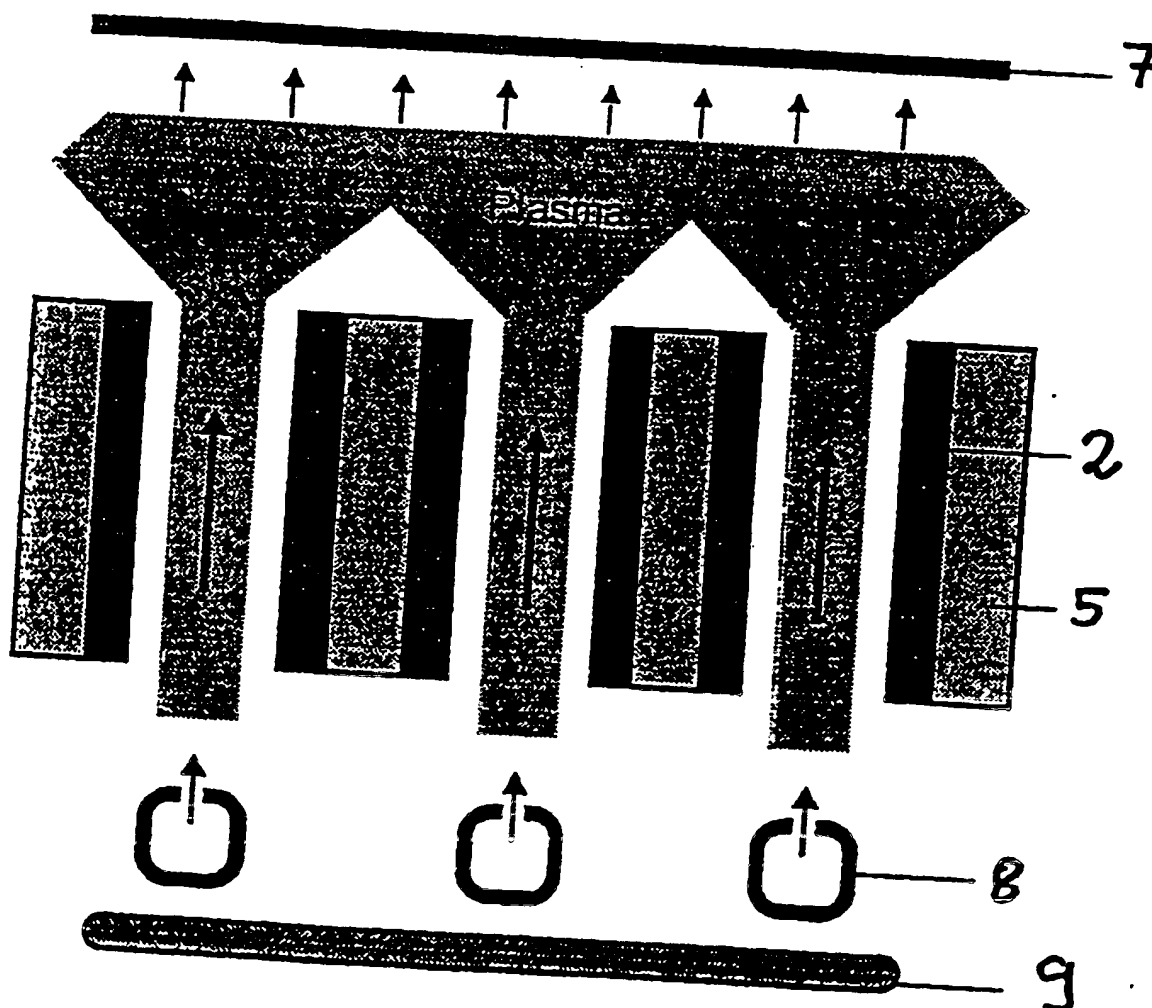
Figur 2



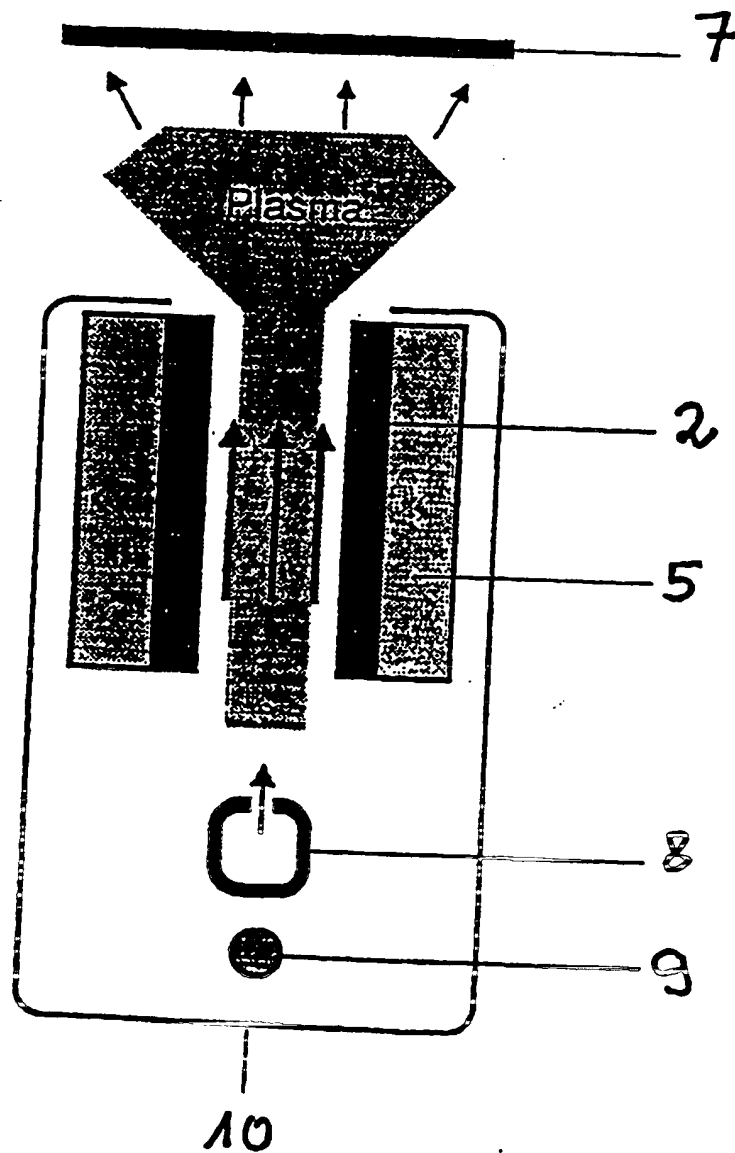
Figur 3



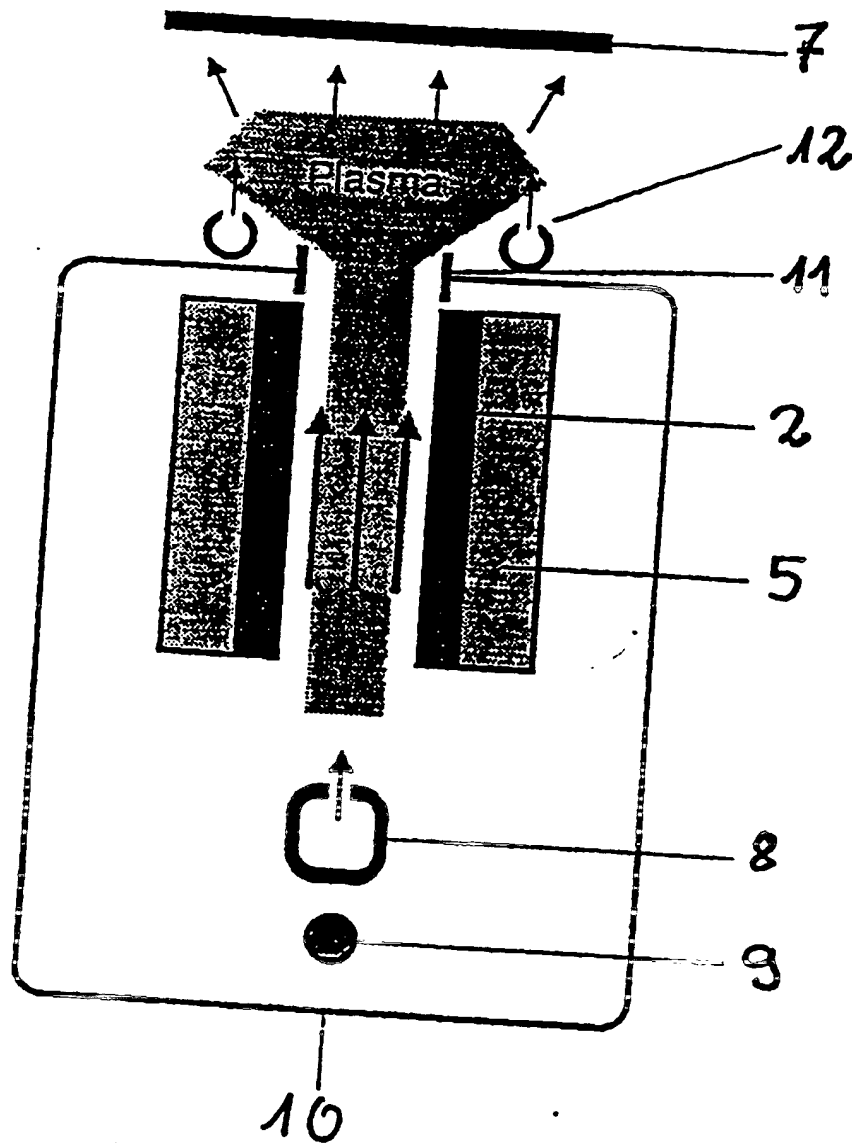
Figur 4



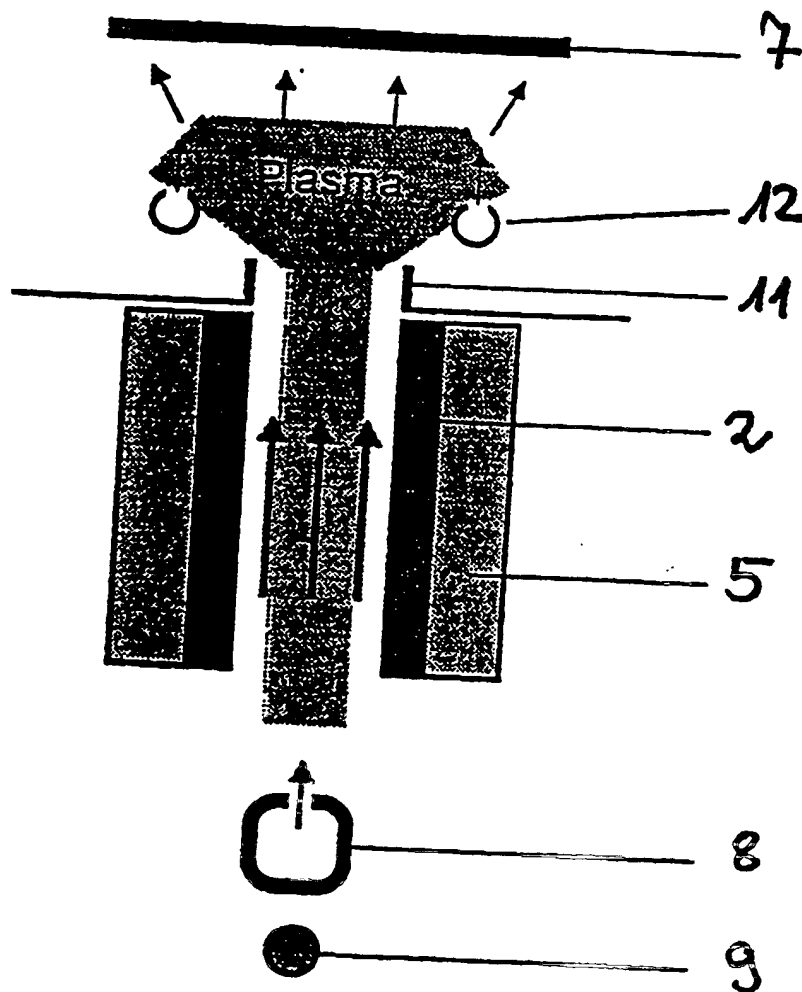
Figur 5



Figur 6



Figur 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.